

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-322539  
(P2002-322539A)

(43) 公開日 平成14年11月8日 (2002.11.8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	デマコト* (参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 W
B 2 1 D 22/02		B 2 1 D 22/02	D
53/88		53/88	Z
C 2 2 C 38/14		C 2 2 C 38/14	

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-333374(P2001-333374)  
(22) 出願日 平成13年10月30日 (2001.10.30)  
(31) 優先権主張番号 特願2001-22726(P2001-22726)  
(32) 優先日 平成13年1月31日 (2001.1.31)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)  
(31) 優先権主張番号 特願2001-44354(P2001-44354)  
(32) 優先日 平成13年2月20日 (2001.2.20)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004123  
日本鋼管株式会社  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号  
(72) 発明者 船川 義正  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本鋼管株式会社内  
(72) 発明者 塩崎 毅  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本鋼管株式会社内  
(74) 代理人 100099944  
弁理士 高山 宏志

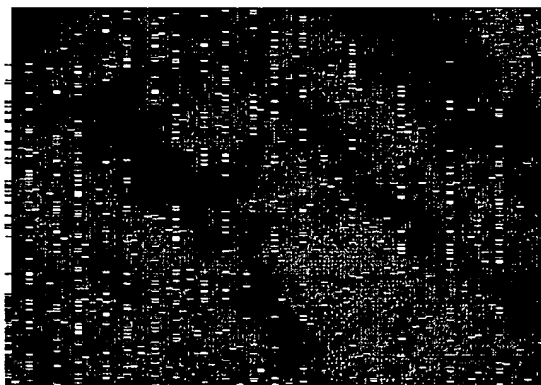
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プレス成形性に優れた薄鋼板およびその加工方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 高強度でありながら穴広げ率および全伸びのいずれも良好であるプレス成形性に優れた薄鋼板を提供すること。

【解決手段】 組成が重量%で、C<0.10, Ti: 0.03-0.10, Mo: 0.05-0.6を含み、Feを主成分とする薄鋼板で、フェライト単相組織のマトリックスと、該マトリックス中に分散した粒径が10nm未満の微細析出物とから実質的になり、550MPa以上の引張強度を有する。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 フェライト単相組織のマトリックスと、該マトリックス中に分散した粒径が10nm未満の微細析出物とから実質的になり、550MPa以上の引張強度を有することを特徴とするプレス成形性に優れた薄鋼板。

【請求項2】 フェライト単相組織のマトリックスと、該マトリックス中に分散した粒径が10nm未満の微細析出物と、平均粒径が1μm未満で、体積分率が全体の1%以下のFe炭化物とから実質的になり、550MPa以上の引張強度を有することを特徴とするプレス成形性に優れた薄鋼板。

【請求項3】 前記微細析出物の分布密度が1μm<sup>3</sup>当たり5×10<sup>4</sup>個以上であることを特徴とする請求項1

$$0.5 \leq (C/12) / \{ (Ti/48) + (Mo/96) \} \leq 1.5 \quad \dots (1)$$

ただし、上記(1)式中、C、Ti、Moは各成分の重量%を表す。

【請求項7】 穴広げ率：80%以上、引張強度：700MPa以上であり、引張強度をTS(MPa)、伸びをEL(%)、板厚をt(mm)としたときにTS×EL>12000×t<sup>0.2</sup>を満たすことを特徴とする請求項1から請求項6のいずれか1項に記載のプレス成形性に優れた薄鋼板。

【請求項8】 表面に溶融亜鉛めっき皮膜を有することを特徴とする請求項1から請求項7のいずれか1項に記載のプレス成形性に優れた薄鋼板。

【請求項9】 請求項1から請求項8のいずれかに記載の鋼板からなる部材を準備する第1の工程と、前記部材にプレス成形を施して所望の形状のプレス成形品に加工する第2の工程とを有する薄鋼板の加工方法。

【請求項10】 前記プレス成形品は、自動車用部品である請求項9に記載の薄鋼板の加工方法。

【請求項11】 請求項1から請求項8のいずれかに記載の鋼板により製造された自動車用部品。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車等の輸送機材や構造材料に適した550MPa以上の強度を有するプレス成形性に優れた薄鋼板およびその加工方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近時、自動車等の輸送機材や構造材料には、高強度でありながらプレス成形性に優れた鋼板が要求されている。

【0003】プレス成形性のよい鋼板として、Cを0.003%程度まで低減し、フェライト単相組織をもつ極低炭素鋼板がある。しかしながら、極低炭素鋼板では優れたプレス成形性を有するものの強度は高々300MPa程度であり、固溶強化元素を添加しても400MPa

または請求項2に記載のプレス成形性に優れた薄鋼板。

【請求項4】 重量%で、C<0.10%、Ti:0.03~0.10%、Mo:0.05~0.6%を含み、Feを主成分とすることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載のプレス成形性に優れた薄鋼板。

【請求項5】 前記微細析出物がTiとMoとを含む炭化物であることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載のプレス成形性に優れた薄鋼板。

【請求項6】 C、Ti、Moを以下の(1)式を満足するように含有し、かつ、前記微細析出物がTiとMoとを含む炭化物であることを特徴とする請求項4に記載のプレス成形性に優れた薄鋼板。

程度までの強度しか得られない。

【0004】そこで高強度化のためにはCの添加が考えられる。しかしながら、Cの添加によりパーライト組織で高強度化した鋼では、パーライトは鋼の破壊の起点となることから、穴広げ率は30%程度と極めて低く、プレス成形性が良好とはいえない。また、パーライトで実現することができる薄鋼板の強度は高々500MPa程度である。同様に、炭素とともに炭化物形成元素であるTiやNbを添加した析出強化鋼も知られているが、このような従来から存在する析出強化鋼にもパーライトが存在し、そのパーライトが破壊の起点となるため、やはり穴広げ率が極めて低い。

【0005】そこで、優れたプレス加工性と高強度とを兼備した鋼板を得るために種々の研究がなされ、その結果プレス加工性の良好な540MPa級の高張力鋼板として組織強化鋼が開発されている。これは、フェライト地にベイナイト、マルテンサイトなどの組織を導入し、加工性をフェライトで確保し、強度をベイナイトやマルテンサイトで確保するものである。

【0006】しかしながら、フェライトーベイナイト鋼板では穴広げ率が、フェライトーマルテンサイト鋼板では全伸びが析出強化鋼よりも良好であるものの、穴広げ率、全伸びをとともに良好とするには至っていない。また、このような組織強化鋼として、全伸びの良好な残留オーステナイト鋼板も提案されているが、残留オーステナイトは加工時にマルテンサイトとなることから、やはり穴広げ率が低い。さらに、これらの組織制御による高張力鋼板においては、550MPa以上の高強度を実現するためには転位を多量に含んだベイナイトやマルテンサイトなどの組織の体積分率を上げなければならず、高強度化にともない急激に加工性が低下してしまう。

【0007】このような状況に鑑み、穴広げ率を向上させるべく以下のような種々の技術が提案されている。

【0008】特開平6-172924号公報にはSi添

加で炭化物生成を抑制、Cr添加量制限により低温変態相生成を抑制し、組織をベイニティックフェライト単相とし、さらにNi、Moを固溶強化元素として用いたTi添加高伸びフランジ加工性高張力熱延鋼板が開示されている。しかしながら、この技術の根幹をなすラス間に炭化物析出をとまなわないラス状組織であるベイニティックフェライト組織では、転位密度を高めることにより強度を補償しているため、全伸びは低くプレス成形性は必ずしも良好とはいえない。

【0009】特開平7-11382号公報には、Cと結合するTi、NbをCに対して原子比で0.5以上添加し、固溶Ti、Nbで熱間圧延後のフェライト核生成を抑制することで組織をアシキュラーフェライトとし、さらにCr、Moの固溶強化で強度を調整した高伸びフランジ性熱延鋼板が開示されている。しかしながら、ここで開示されているアシキュラーフェライトは強度843MPaで伸びが15%と延性に乏しく、伸びが重要な張出成形を行うとプレスわれを起こす。

【0010】一方、特開平11-152544号公報には、高加工性と高強度化をTi、Nb、Moの結晶粒微細化効果で実現する方法が開示されている。しかしながら、この技術では、平均のフェライト粒径を2 $\mu$ m以下にすることから、伸びの劣化は避けられず、やはり張出成形でわれが生じる。また、粒径が極めて微細であることから粒成長性が極めて高く、通常起こり得る板幅方向の熱延条件の変動で2 $\mu$ mを超える粒が部分的に生じて混粒組織となりやすく、板幅方向の強度変動が避けられない。

【0011】さらに、特開平6-200351号公報には、ポリゴナルフェライトに対するパーライトや低温変態相の面積比が15%以下でポリゴナルフェライト中にTiCが分散した組織を有し、かつ、Moの固溶強化で強度調整を行った伸びフランジ性に優れた高強度熱延鋼板が開示されている。しかしながら、この公報に開示された鋼板では、TiCの析出をTiの多量添加により制御するため、TiCは粗大化しており、事実上Ti添加にともなう結晶粒微細化で高強度を達成している。また、TiCにならないCが粒界にフィルム状に析出しやすく、そのため実際には穴広げ率、全伸びともに安定しない。

【0012】このように穴広げ率を向上することを意図した従来技術においても、フェライト単相鋼では結晶粒微細化により強度を維持しており、穴広げ率は改善されても、全伸びは逆に低下し、穴広げ率と全伸びがともに良好な高張力薄鋼板は未だ得られていない。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、従来実現されていない、高強度でありながら穴広げ率および全伸びのいずれも良好であるプレス成形性に優れた薄鋼板およびその加工方

法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上述したように、鋼のプレス成形性はフェライトが最も良いが、フェライトでは550MPaを超える強度が実現されない。一方、このような強度を実現しようとしてフェライトにベイナイトやマルテンサイトなどの組織を導入すると穴広げ率が低くなり良好なプレス成形性が得られない。また、フェライト単相鋼では組織微細化により穴広げ率を改善しても全伸びは逆に低下してしまう。この点を解決すべく本発明者らが鋭意研究を重ねた結果、フェライト単相組織のマトリックスと、該マトリックス中に分散する極めて微細な析出物とから実質的になる組織とすることにより、従来実現されていない、高強度でありながら優れた穴広げ率および全伸びを示す薄鋼板が得られることを見出した。また、C、TiおよびMoの含有量を特定の範囲に規定することにより、および、微細析出物がTiとMoを含む炭化物とすることにより、その効果が高まることも見出した。

【0015】本発明はこのような知見に基づいて完成されたものであり、以下のような構成を有するものである。

【0016】(1) フェライト単相組織のマトリックスと、該マトリックス中に分散した粒径が10nm未満の微細析出物とから実質的になり、550MPa以上の引張強度を有することを特徴とするプレス成形性に優れた薄鋼板。

【0017】(2) フェライト単相組織のマトリックスと、該マトリックス中に分散した粒径が10nm未満の微細析出物と、平均粒径が1 $\mu$ m未満で、体積分率が全体の1%以下のFe炭化物とから実質的になり、550MPa以上の引張強度を有することを特徴とするプレス成形性に優れた薄鋼板。

【0018】(3) 上記(1)または(2)において、前記微細析出物の分布密度が1 $\mu$ m<sup>3</sup>当たり5 $\times$ 10<sup>4</sup>個以上であることを特徴とするプレス成形性に優れた薄鋼板。

【0019】(4) 上記(1)から(3)のいずれかにおいて、重量%で、C<0.10%、Ti:0.03~0.10%、Mo:0.05~0.6%を含み、Feを主成分とすることを特徴とするプレス成形性に優れた薄鋼板。

【0020】(5) 上記(1)から(4)のいずれかにおいて、前記微細析出物がTiとMoを含む炭化物であることを特徴とするプレス成形性に優れた薄鋼板。

【0021】(6) 上記(4)において、C、Ti、Moを以下の(1)式を満足するように含有し、かつ、前記微細析出物がTiとMoを含む炭化物であることを特徴とするプレス成形性に優れた薄鋼板。

$$0.5 \leq (C/12) / \{ (Ti/48) + (Mo/96) \} \leq 1.5 \quad \dots (1)$$

ただし、上記(1)式中、C、Ti、Moは各成分の重量%を表す。

【0022】(7) 上記(1)から(6)のいずれかにおいて、穴広げ率：80%以上、引張強度：700MPa以上であり、引張強度をTS(MPa)、伸びをEL(%)、板厚をt(mm)としたときに $TS \times EL > 12000 \times t^{0.2}$ を満たすことを特徴とするプレス成形性に優れた薄鋼板。

【0023】(8) 上記(1)から(7)のいずれかにおいて、表面に溶融亜鉛系めっき皮膜を有することを特徴とするプレス成形性に優れた薄鋼板。

【0024】(9) 上記(1)から(8)のいずれかに記載の鋼板からなる部材を準備する第1の工程と、前記部材にプレス成形を施して所望の形状のプレス成形品に加工する第2の工程とを有する薄鋼板の加工方法。

【0025】(10) 上記(9)において、前記プレス成形品は、自動車用部品、特に自動車用足廻り部材であることを特徴とする薄鋼板の加工方法。

【0026】(11) 上記(1)から(8)のいずれかに記載の鋼板により製造された自動車用部品。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明について具体的に説明する。本発明の薄鋼板は、フェライト単相組織のマトリックスと、該マトリックス中に分散した粒径が10nm未満の微細析出物とから実質的になり、550MPa以上の引張強度を有するものである。これにより、高強度でありながら、優れた穴広げ率および全伸びを示す薄鋼板が得られる。

【0028】マトリックスをフェライト単相組織としたのは、鋼の加工性はフェライトが最も良いからである。ベイナイトやマルテンサイト、アシキュラーフェライト、ベイニティックフェライトは転位密度が高く、加工性は低い。また、パーライトは破壊の起点となるため全体の塑性変形量を低減させてしまい、やはり加工性は低い。残留オーステナイトは加工によりマルテンサイトに変態することから、打ち抜き時に端面近傍にマルテンサイトを生じるため穴広げ率が低い。よって、本発明ではこれらフェライト以外の相を実質的に含まないフェライト単相組織のマトリックスとした。ここでフェライト単相とは、完全に100%フェライト組織のものに限るものではなく、断面組織観察などで95%以上がフェライトであることを意図するものであり、98%以上が望ましい。

【0029】フェライト単相組織のマトリックスに微細析出物を分散させたのは、転位密度を上げて高強度を実現すると全伸びが低下するが、微細析出物での高強度化はこのような不都合が生じ難いからである。また、微細析出物の粒径を10nm未満としたのは、10nm以上

になると550MPa以上の強度を得難くなるからである。また、10nm以上の析出物で強化しようとする、析出物の体積率を多くしなければならず、必然的に析出物形成元素の添加量を上げなければならない。したがって、実際には析出物形成元素の添加量を上げたことにともなうフェライトの細粒化で強度を維持することになり全伸びが低下してしまう。以上のことから本発明では微細析出物の粒径を10nm未満としたが、望ましくは5nm以下であり、さらに高強度が必要な場合には3nm以下とすることが望ましい。

【0030】本発明において、析出物は特に限定されず、炭化物や窒化物等種々のものが可能であるが、TiとMoとを含む炭化物であることが好ましい。これは、拡散速度が遅いMoをTiとともに析出させるため、析出物の成長速度が遅くなり、微細析出物を得やすいためである。微細析出物がTiとMoとを含む炭化物である場合には、TiとMoとの比 $Ti/Mo$ が原子比で $2.0 \geq Ti/Mo \geq 0.2$ の範囲が好ましく、 $1.5 \geq Ti/Mo \geq 0.7$ がさらに好ましい。この範囲でTiとMoとを含む炭化物は極めて微細となり、本発明の効果最大となる。

【0031】上述したように微細析出物が強度に寄与し、粗大析出物析出物は強度に寄与しないため、析出物は微細なほど好ましく、そのため本発明ではフェライト単相組織のマトリックスと、マトリックス中に分散した粒径が10nm未満の微細析出物とから実質的になることを規定しているが、微細析出物の全てが10nm未満である必要はない。微細析出物のうち10nm未満の析出物数が全析出物数の90%以上であれば所望の高強度を実現することができる。この場合、析出物の残りの10%未満が10nm以上となるが、10nm以上の割合は5%未満がより好ましい。また、10nm以上の析出物が大きすぎると析出物形成元素をいたずらに消費することから、10nm以上の析出物が存在する場合でもその大きさは50nm以下にすることが好ましい。

【0032】また、このような析出物とは別に、少量のFe炭化物を含有していても本発明の効果は損なわれない。しかしながら、平均粒径が1μm以上のFe炭化物を多量に含む場合、Fe炭化物は打ち抜き時のボイドの発生を助長することから穴広げ率が低下する。そこで本発明においては含有されるFe炭化物の大きさの上限を1μmとし、含有体積率を全体の1%以下とする。以下、これを実験によって説明する。

【0033】種々のFe炭化物粒径、体積率を得るため、 $C=0.03 \sim 0.2\%$ 、 $Ti=0.03 \sim 0.25\%$ 、 $Mo=tr. \sim 0.8\%$ を含む鋼を用いて、仕上温度900℃、巻取温度500℃～800℃で熱間圧延を行い、板厚2.3mmの熱延鋼板を作製した。得られ

た鋼板のFe炭化物の平均粒径と体積率を組織写真より画像解析で求めるとともに、穴広げ率を求めた。平均粒径については面積に対して円相当直径で計算した。図1は、Fe炭化物平均粒径と穴広げ率との関係を示すグラフであるが、Fe炭化物の平均粒径が $1\mu\text{m}$ を超えると穴広げ率が80%未満となり、劣化する傾向があることがわかる。図2はFe炭化物の体積率と穴広げ率との関係を示すグラフであるが、Fe炭化物の体積率が1%を超えると穴広げ率が80%未満となり、穴広げ率が劣化することがわかる。

【0034】なお、Fe炭化物の含有体積率のより好ましい範囲は0.5%以下であり、さらに好ましくは0.2%以下である。

【0035】引張強度を550MPa以上としたのは、本発明が対象とする自動車等の輸送機材や構造材料等の用途では550MPa以上が要求されるからである。引張強度のより好ましい値は700MPa以上であり、780MPa以上の高強度とすることが一層望ましい。

【0036】上記微細析出物の分布密度は、 $1\mu\text{m}^3$ 当たり $5 \times 10^4$ 個以上であることが好ましい。微細析出物の分布密度は高強度を得るために重要な要素であり、鋼中に微細析出物を均一に分散析出させることが好ましい。上記微細析出物の分布密度が $1\mu\text{m}^3$ 当たり $5 \times 10^4$ 個未満であると高強度が得難くなる。望ましくは $1\mu\text{m}^3$ 当たり $1 \times 10^5$ 個以上であり、さらに高強度が必要な場合には $1\mu\text{m}^3$ 当たり $2 \times 10^5$ 個以上が望ましい。以下、このことを実験結果によって説明する。

【0037】種々の微細析出物密度を得るため、 $C=0.03\sim0.2\%$ 、 $Ti=0.03\sim0.25\%$ 、 $Mo=tr.\sim0.8\%$ を含む鋼を用いて、仕上温度900℃、巻取温度500～800℃で熱間圧延を行い、板厚2.3mmの熱延鋼板を作製した。得られた熱延鋼板の強度と微細析出物密度との関係を図3に示す。微細析出物密度が $1\mu\text{m}^3$ あたり $5 \times 10^4$ 個以上で550MPaの強度が実現され、 $1 \times 10^5$ 個以上で700MPa以上、 $2 \times 10^5$ 個以上で780MPa以上の強度が実現されることがわかる。

【0038】本発明は、上記組織が形成されればよく、その成分組成は特に限定されないが、Cを0.10%以上含有させると強度を担う微細析出物が粗大化しやすくなり、高強度化を目的に含有させたCにより逆に強度が低下しやすくなることから、Cを0.10%未満とすることが好ましい。また、析出物形成元素のうち、少量の添加で高強度を得やすいTiを添加することが望ましい。この場合に、Ti添加量が0.03%未満ではTi炭化物量が少なくなり550MPa以上の強度の強度が得られにくくなり、逆に、0.10%を超えて添加するとフェライト粒が微細化し、全伸びが低下しやすくなることから、Ti量は0.03～0.10%が好ましい。また、MoもTiとともに微細な析出物を形成し、鋼の

高強度化に寄与する元素であり、添加することが望ましい。この場合に、Mo添加量が0.05%未満ではMoを含む炭化物の量が少なくなり550MPa以上の強度が得られにくくなり、逆に0.6%を超えると低温変態相が形成され、穴広げ性が低下しやすくなることから、Mo量は0.05～0.6%が好ましい。さらに、鋼中のCと(Ti+Mo)との原子数比、すなわち、 $(C/12)/\{(Ti/48)+(Mo/96)\}$ の値が0.5～1.5となるように、C、Ti、Moの含有量を調整すると、TiとMoとを含む炭化物が微細に析出しやすくなる。その結果、高強度でありながら優れたプレス成形性が容易に得られるようになる。したがって、上記原子比が0.5～1.5を満たすことが望ましい。さらに、この原子比が0.8～1.3を満たすことがより望ましい。

【0039】また、本発明の薄鋼板において、穴広げ率の好ましい範囲を80%以上とする。通常、剪断面はそのまま加工されるため、穴広げ率は重要な要素であり、その値はプレスわれの原因とならない80%以上が好ましい。さらに良好な穴広げ性が要求される場合には100%以上とすることが望ましい。

【0040】引張強度をTS(MPa)、伸びをEL(%)とした場合に、TS・ELの値は材料の吸収エネルギーの指標となり、プレスわれの生じ難さを把握するために有効であるが、鋼板の強度ごとに要求される値が異なる。また、ELは板厚に依存する値である。したがって、強度レベルごとに、全伸び不足によるプレスわれの問題が生じない板厚tの関数として表されたTS・ELの好ましい範囲が存在する。板厚の異なる薄鋼板のELはOliverの式で換算が可能であり、板厚の0.2乗に比例する。そこで、TS・ELの下限値の板厚t(mm)による補正については $t^{0.2}$ とした。TS・ELの下限値の係数としては、自動車の足回り部品であるアームのプレス型を用いた実験により決定した。すなわち、板厚3.2mmで、種々のTS・ELの値を有し強度が700MPa以上の鋼板を用意し、1200tonプレス機で実際にプレスを行い、成型部品に割れが生じたかどうかでプレスの具合を目視評価した。TS・ELの値が $12000 \times 3.2^{0.2} = 15143$ 以上の鋼板では割れは認められずプレス成形可能であった。この結果を導いた実験結果について説明する。

【0041】 $C=0.04\%$ 、 $Ti=0.09\%$ 、 $Mo=0.2\%$ を含む鋼を溶製し、熱間圧延を行った。板厚は3.5mm～2.7mmまで変化させた。得られた鋼板の引張特性をJIS5号試験片で評価した。鋼板のTSは710MPa～850MPaであった。同時に、1200tonプレス機で自動車の足回り部品であるアームを作製した。プレスではプレス割れの有無を目視で評価し、割れないものを○、割れの認められたものを×とした。得られたプレス結果と引張試験値より計算で求

めた $TS \times EL / t^{0.2}$ との関係を図4に示す。図4より $TS \times EL / t^{0.2}$ が12000を超えるとプレス割れが生じなくなることがわかる。以上より、引張強度がより好ましい700MPa以上の場合には、 $TS \times EL$ の値が $12000 \times t^{0.2}$ 以上であることが好ましいことがわかる。

【0042】通常、穴広げ性の要求される加工は板厚が6mm以下の鋼板であり、かつ本発明の効果は6mm以下の板厚の鋼板でより大きなものとなる。よって、本発明を適用する鋼板の板厚は6mm以下が望ましい。

【0043】本発明の薄鋼板には、表面に溶融亜鉛系めっき皮膜を形成し、溶融亜鉛系めっき鋼板としたものを含む。本発明の薄鋼板は良好なプレス成形性を有することから、溶融亜鉛系めっき皮膜を形成しても良好なプレス成形性を維持することができる。ここで、溶融亜鉛系めっきとは、亜鉛および亜鉛を主体とした溶融めっきであり、亜鉛の他にAl、Cr等の合金元素を含んだものを含む。このような溶融亜鉛系めっきを施した本発明の高張力熱延鋼板は、めっきままでもめっき後合金化処理を行ってもかまわない。めっき前焼鈍温度については、450℃未満ではめっきがつかず、750℃超えでは強度低下が生じやすい。そのため、焼鈍温度は450℃以上、750℃以下が好ましい。

【0044】本発明の鋼板の製造方法は、特に規定するものではないが、オーステナイト域で熱間圧延を終了することが好ましい。これは、仕上温度が $A_{r3}$ 変態点を下回ると粗大粒が発生し、全伸びが低下するとともに、フェライト域圧延では析出物がひずみ誘起現象を起こし、粗大化するためである。ランナウトテーブルの冷却パターンについては特に規定はなく、どのような冷却パターンを用いても本発明の効果に差はない。巻取りについてはフェライト単相とするため570℃以上の巻取温度で巻取るのが好ましい。570℃未満では組織が転位を多く含んだベイニティックフェライトやベイナイトになることからやはり全伸びが低下してしまう。また、巻取温度が700℃超ではパーライトが生成しやすくなるため、巻取温度を700℃以下とすることが好ましい。

【0045】また、本発明の鋼板は、熱延鋼板でも冷延鋼板でもよく、いずれも同様な効果が得られる。熱延鋼板の場合、スケールのついた状態でも酸洗材でもその特性に差異はない。調質圧延についても通常行われる条件であれば問題はない。また、上記溶融亜鉛めっきは、酸洗後であってもスケールのついたままであってもよい。電気めっきを施したものであってもかまわず、化成処理を施したものであっても特に問題はない。鋳造後直ちにまたは補熱を目的とした加熱を施した後にそのまま熱間圧延を行う直送圧延を行ったものであっても本発明の効果に影響はない。また、粗圧延後に仕上圧延もしくは仕上圧延中に圧延材を加熱または保熱しても、粗圧延後に圧延

材を接合して行う連続圧延を行っても、また、圧延材の加熱と連続圧延とを同時に行っても本発明の効果は損なわれない。

【0046】本発明の薄鋼板は、機械加工性、特に優れた穴広げ率および全伸びを有するので、これをプレス成形した場合、その特質が活かされ、自動車用部材、特にサスペンションアーム等の足廻り部材のような高いプレス成形性が要求される部材を良好な品質で製造することができる。以下に具体的に、本発明に係る薄鋼板の加工方法、換言すればプレス成形品の製造方法について説明する。

【0047】図6は、本発明に係る薄鋼板の加工方法の作業フローの一例を示すフローチャートである。この作業フローは、通常、本発明に係る鋼板を製造することまたはその製造された鋼板を例えばコイルにして目的場所に搬送することを前工程としており、まず、本発明に係る薄鋼板を準備することから始まる(S0、S1)。この鋼板に対してプレス加工を施す前に、鋼板に対して前処理的な加工を施すこともあれば(S2)、裁断機により所定の寸法や形状に加工することもある(S3)。前者のS2の工程では、例えば鋼板の幅方向の所定箇所に切り込みや穿孔を行い、引き続きプレス加工を終えた段階またはそのプレス加工の過程で、所定の寸法および形状のプレス成形品または被プレス加工部材として切り離すことができるようにしておく。後者のS3の工程では、最終的なプレス成形品の寸法、形状等を予め考慮して、所定の寸法および形状の鋼板部材に加工（したがって裁断）するようにしておく。その後、S2およびS3の工程を経由した部材には、プレス加工が施され、最終的に目的とする寸法・形状の所望のプレス成形品が製造される(S4)。このプレス加工は、通常は多段階で行われ、3段階以上7段階以下であることが多い。

【0048】S4の工程は、S2およびS3の工程を経由した部材に対してさらに所定の寸法や形状に裁断する工程を含む場合もある。この場合の「裁断」という作業は、例えば、少なくともプレス加工の過程で、S2およびS3の工程を経由した部材の端部のような最終的なプレス成形品には不要部分を切り離す作業であっても構わないし、また、S2の工程で設けられた鋼板の幅方向の切り込みや穿孔に沿って被プレス加工部材を切り離す作業であっても構わない。

【0049】なお、図6中、N1ないしN3は、鋼板、部材、プレス成形品を、機械的にあるいは作業員による搬送作業である場合がある。

【0050】こうして製造されるプレス成形品は、必要に応じて次工程に送られる。次工程としては、例えば、プレス成形品にさらに機械加工を施し、寸法や形状を調整する工程、プレス成形品を所定場所に搬送し、格納する工程、プレス成形品に表面処理を施す工程、プレス成形品を用いて自動車のような目的物を組み立てる組立工

程がある。

【0051】図7は、図6に示した作業を実際に行う装置と鋼板、部材、プレス成形品の流れとの関係を示すブロック図である。この図においては、本発明に係る薄鋼板はコイル状で準備されており、プレス加工機によりプレス成形品が製造される。プレス加工機は多段プレスを行う機種のものであるが、本件発明はこれに限定されない。

【0052】プレス加工機の前段に、裁断機その他の前処理機械を設置する場合(図7の(a))もあれば、設置しない場合(図7の(b))もある。裁断機が設置される場合には、コイルから供給される長尺の本発明に係る鋼板から、必要な寸法または形状の部材を裁断し、この部材がプレス加工機においてプレス加工され、所定のプレス成形品となる。鋼板の幅方向に切り欠きや穿孔を施す前処理機械が設置される場合には、プレス加工機においてその切り欠きや穿孔に沿って裁断が行われても構わない。前処理機械を設置しない場合には、プレス加工機において鋼板がプレス加工される過程で、裁断が行われ、最終的に所定の寸法、形状を有するプレス成形品が製造される。なお、図7における「裁断」の意味は、図6における裁断と同じである。

【0053】こうして製造されるプレス成形品は、その原材料として穴広げ率および全伸びに優れている本発明に係る薄鋼板を使用しているので、良好な品質で無理なくこれを製造することができる。このような特長は、プレス成形品が自動車用部材、特にサスペンションアーム等の足廻り部材である場合に特に有用である。

【0054】

【実施例】(実施例1)表1に示す成分組成の鋼を溶解し、表1に示す条件で熱間圧延を行った。得られた鋼板の組織および析出物を透過型電子顕微鏡(TEM)により観察するとともに、JIS5号試験片を切り出して引張試験を行い、さらに穴広げ率を測定するとともに、実際にプレス成形を行いプレス成形性を評価した。表1に各鋼板の化学成分、熱延条件、マトリックスの組織、析出物の径、析出物の分布密度を示し、表2に板厚、引張特性、穴広げ率、プレス成形結果を示す。なお、表1のA値は、上記(1)式の $(C/12) / \{ (Ti/48) + (Mo/96) \}$ の値を示す。

【0055】電子顕微鏡試料はツイングジェット法を用いた電解研磨法で作成し、加速電圧200kVで観察し

た。微細析出物が母相に対して計測可能なコントラストになるように母相の結晶方位を制御し、析出物の数え落としを最低限にするために焦点を正焦点からずらしたデフォーカス法で観察を行った。また、析出物粒子の計測を行った領域の試料の厚さは電子エネルギー損失分光法を用いて、弾性散乱ピークと非弾性散乱ピーク強度を測定することで評価した。この方法により、粒子数の計測と試料厚さの計測を同じ領域について実行することができる。粒子数の測定は、試料の $0.5 \times 0.5 \mu\text{m}$ の領域4箇所について行い、 $1 \mu\text{m}^2$ あたりに投影されて観察される粒子数として算出した。この値と試料厚さから $1 \mu\text{m}^3$ あたりの析出物粒子の数を算出した。また、析出物はエネルギー分散型X線分析法(EDX)により分析した。

【0056】穴広げ率は、130mm角の板を切りだし、鉄連規格に沿って10mmφの穴を打ち抜いた後に、頂角60度の円錐ボンチをバリと反対側から押し上げ、亀裂が発生した時点の直径の広がりを経径の割合として求めた。

【0057】プレス成形性は、1200tonプレス機を用いて実際に自動車の足回りに用いられるローアアームをプレスし、プレス部品のプレスわれを調査することにより評価した。われは目視で評価し、表2ではプレスできたものを○、われを生じたものを×で示した。

【0058】No. 1~3は本発明例、No. 4、5は比較例である。No. 1~3は、本発明のフェライト単相組織のマトリックスに粒径10nm未満の微細析出物が分散した組織を有していた。No. 1の鋼板の電子顕微鏡写真を図5に示す。この写真より10nm未満の微細析出物が高密度でフェライトマトリックス中に均一に分散しているのが確認される。EDX分析の結果より、これらの微細析出物はTiとMoを含む炭化物であることを確認した。また、No. 1~3では、800MPa以上という高強度を有しながら、優れた穴広げ性と全伸びを示し、プレス結果も良好であった。これに対し比較例のNo. 4は組織がベイナイト(B)であり、全伸びが低く、プレスでわれが生じた。No. 5は組織がフェライト+パーライト(F+P)であり、穴広げ率が低く、プレスでわれが生じた。

【0059】

【表1】

No.	化学成分(wt%)											A値	熱延条件		組織 <sup>*</sup>	析出物		備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Nb	Mo	Cr		仕上温度 (°C)	巻取温度 (°C)		径 (nm)	分布密度 (10 <sup>4</sup> 個/μm <sup>2</sup> )	
1	0.045	0.05	1.87	0.004	0.001	0.044	0.0020	0.085	0.007	0.20	0.056	0.97	890	600	F	1	21	本発明例
2	0.048	0.08	1.85	0.005	0.001	0.040	0.0025	0.084	0.008	0.19	0.056	1.03	900	625	F	2	21	本発明例
3	0.044	0.08	1.59	0.008	0.001	0.041	0.0022	0.087	0.005	0.21	0.057	0.92	890	650	F	2	22	本発明例
4	0.045	0.08	1.84	0.005	0.001	0.041	0.0020	0.088	0.008	0.21	0.058	0.93	900	480	F	1	4.0	比較例
5	0.122	0.46	1.84	0.011	0.001	0.048	0.0041	0.081	0.041	tr.	0.195	5.36	860	670	F+P	30	4.4	比較例

\* Fはフェライト、Bはベイナイト、Pはパーライトを示す。

A値は $(C/12)/\{(Ti/48)+(Mo/98)\}$ の値を示す。

【0060】

【表2】

符号	板厚 (mm)	引張特性			穴広げ率(%)	プレス成形結果	備考
		TS(MPa)	EL(%)	TS・EL			
1	3.2	821	21.1	17323	105	○	発明例
2	3.2	810	23.1	18711	110	○	発明例
3	3.2	815	22.3	18175	118	○	発明例
4	3.2	841	16.5	13877	95	×	比較例
5	3.2	856	20.7	17719	30	×	比較例

【0061】(実施例2)表3に示す成分の鋼を1250°Cに加熱後、仕上げ温度890°C、巻取温度640°Cで熱間圧延を行い、板厚約1.6mmの鋼板を作製した。それら鋼板を酸洗後、合金化溶融亜鉛めっきを施した。得られためっき鋼板について、組織観察を行い、鋼板の組織を同定した。また、電子顕微鏡を用いて微細炭化物の析出状態を観察し、析出物の平均粒径を求めた。さらに得られた鋼板からJIS5号試験片および穴広げ穴広げ試験片を採取し、引張試験および穴広げ試験を行った。表3に、組織、析出物の平均粒径および分布密度、引張強度(TS)、伸び(EL)、穴広げ率(λ)

を併記する。なお、表3においても、A値は、上記(1)式の $(C/12)/\{(Ti/48)+(Mo/96)\}$ の値を示す。

【0062】表3に示すように、本発明例であるNo.6は、平均粒径が2nmであり、実質的に粒径が10nm未満であるため、溶融亜鉛めっきを行ってもELおよびλとも良好な値を示すのに対し、比較例のNo.7、8は析出物が大きすぎλが低い値となった。

【0063】

【表3】

No.	化学成分(wt%)										A値	組織*	析出物		引張特性		穴広げ率 (%)	備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Nb	Mo			径 (nm)	分布密度 (10 <sup>4</sup> 個/μm <sup>2</sup> )	TS (MPa)	EL (%)		
6	0.060	0.04	1.60	0.004	0.001	0.052	0.0035	0.085	0.011	0.20	1.08	F	2	21	810	20.0	110	本発明例
7	0.053	0.23	2.47	0.024	0.001	0.045	0.0030	0.034	0.047	—	6.24	F+M	23	4.3	850	20.0	30	比較例
8	0.122	0.46	1.84	0.011	0.001	0.048	0.0041	0.091	0.041	—	5.36	F+P	30	4.5	856	18.5	30	比較例

\* Fはフェライト、Bはベイナイト、Pはパーライトを示す。

A値は $(C/12)/\{(Ti/48)+(Mo/96)\}$ の値を示す。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、高強度でありながら穴広げ率および全伸びのいずれも良好であるといった、従来とは全く異なる優れたプレス成形性を有する薄鋼板が提供される。したがって、本発明に係る薄鋼板は、自動車等の輸送機材や構造材料等に用いられる鋼板として極めて工業的価値が高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】Fe炭化物平均粒径と穴広げ率との関係を示すグラフ。

【図2】Fe炭化物の体積率と穴広げ率との関係を示す

グラフ。

【図3】鋼板の強度と微細析出物密度との関係を示すグラフ。

【図4】プレス結果と引張試験値より計算で求めた $TS \times EL / t \cdot 0.2$ との関係を示すグラフ。

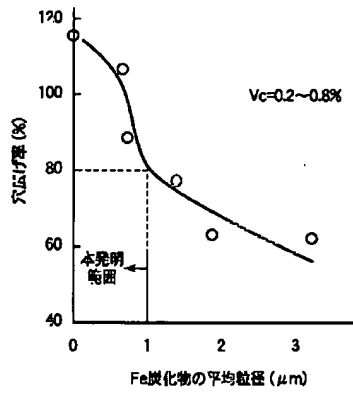
【図5】本発明に係る薄鋼板の金属組織を示す透過型電子顕微鏡写真。

【図6】本発明に係る薄鋼板の加工方法の作業フローの一例を示すフローチャート。

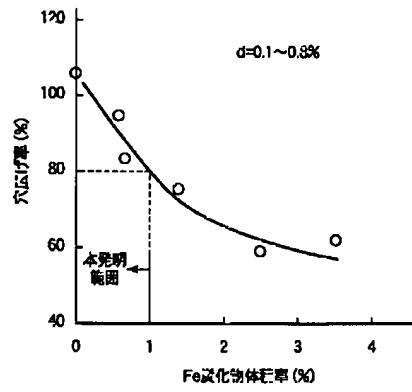
【図7】図6に示した作業を実際に行う装置と鋼板、部材、プレス成形品の流れとの関係を示すブロック図。



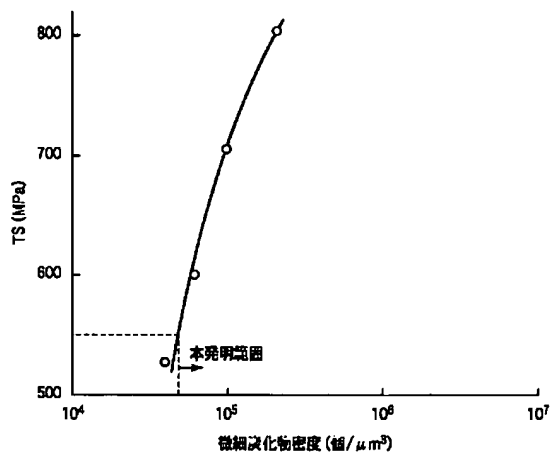
【図1】



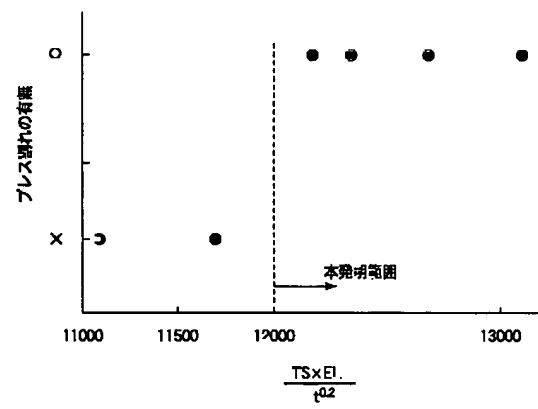
【図2】



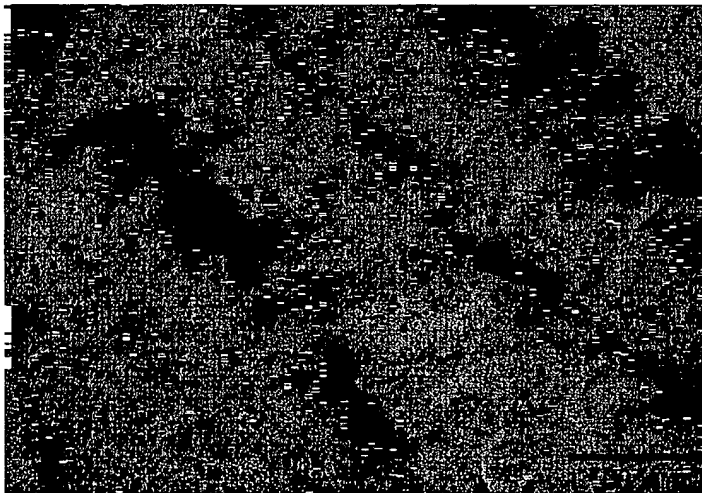
【図3】



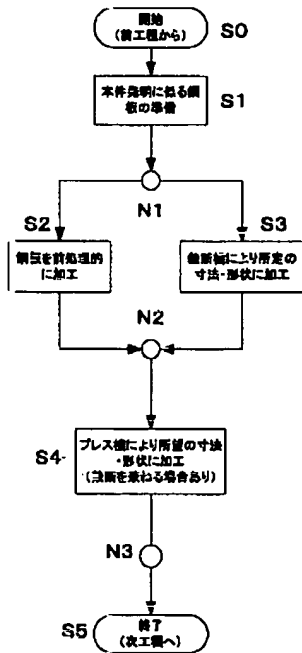
【図4】



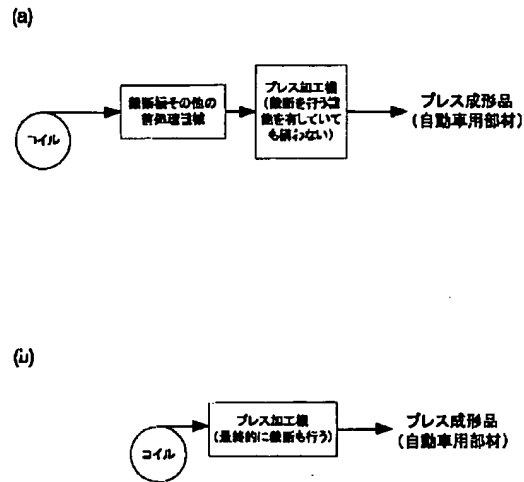
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 斉藤 孝信  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本鋼管株式会社内

(72)発明者 前田 英司  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本鋼管株式会社内

(72)発明者 山本 徹夫  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本鋼管株式会社内

(72)発明者 村尾 安浩  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本鋼管株式会社内

(72)発明者 佐藤 馨  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本鋼管株式会社内

(72)発明者 富田 邦和  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本鋼管株式会社内

(72)発明者 山下 敬士  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本鋼管株式会社内

(72)発明者 益本 博司  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本鋼管株式会社内